

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-201648

(43)Date of publication of application : 27.07.2001

(51)Int.Cl. G02B 6/22

(21)Application number : 2000-013182 (71)Applicant : SUMITOMO ELECTRIC IND LTD

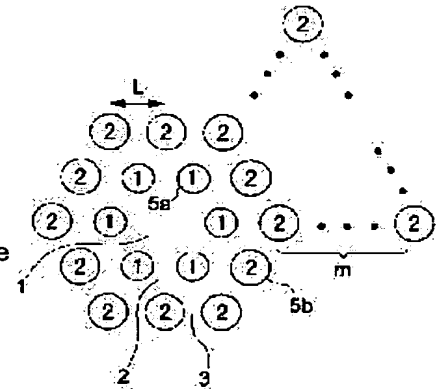
(22)Date of filing : 21.01.2000 (72)Inventor : HASEGAWA TAKEMI
NISHIMURA MASAYUKI
SASAKA HIDEYORI

(54) OPTICAL FIBER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To suppress the photographic sensitivity to the structure parameter of an effective core cross-sectional area to be low together with enlarging the effective core cross-sectional area of an optical fiber, and reducing the bending loss.

SOLUTION: In the optical fiber where a fine structure including a plurality of submediums having the prescribed cross-sectional area in a main medium is formed at least in a clad region and each area is extended to an axial direction, the clad region has the first clad region 2 surrounding the core region 1, and the second clad region 3 surrounding the first clad region 2. The relation between the average refractive index N_{core} of the core region 1, the average refractive index N_{clad1} of the first clad region 2, and the average refractive index N_{clad2} of the second clad region satisfies the relation $N_{\text{core}} > N_{\text{clad1}} > N_{\text{clad2}}$.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開 2001-201648

(P 2001-201648A)

(43) 公開日 平成13年7月27日(2001.7.27)

(51) Int. Cl.⁷

G 0 2 B 6/22

識別記号

F I

G 0 2 B 6/22

テ-マコ-ド(参考)

2H050

審査請求 未請求 請求項の数 3

〇 L

(全 6 頁)

(21) 出願番号 特願2000-13182(P2000-13182)

(22) 出願日 平成12年1月21日(2000.1.21)

(71) 出願人 000002130

住友電気工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号

(72) 発明者 長谷川 健美

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電

気工業株式会社横浜製作所内

(72) 発明者 西村 正幸

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電

気工業株式会社横浜製作所内

(74) 代理人 100088155

弁理士 長谷川 芳樹 (外3名)

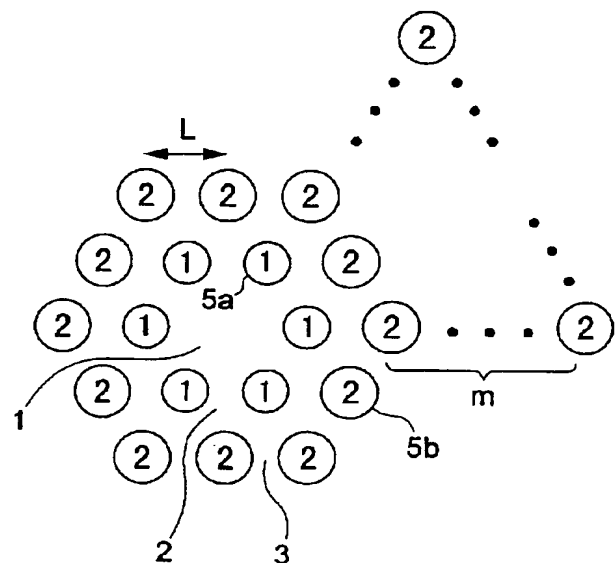
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光ファイバ

(57) 【要約】

【課題】 光ファイバの実効コア断面積を大きくさせ、曲げ損失を小さくさせると共に、実効コア断面積の構造パラメータへの感度を低く抑えること。

【解決手段】 主媒質中に所定の断面積を有する複数の副媒質を含む微細構造が少なくともクラッド領域に設けられ、各領域が軸方向に伸びる光ファイバにおいて、クラッド領域は、コア領域1を包囲する第1クラッド領域2と、第1クラッド領域2を包囲する第2クラッド領域3と、を有し、コア領域1の平均屈折率 N_{core} と、第1クラッド領域2の平均屈折率 N_{clad1} と、第2クラッド領域3の平均屈折率 N_{clad2} と、の間に、 $N_{core} > N_{clad1} > N_{clad2}$ なる関係が成立する構成を採る。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 軸方向に対して垂直な断面に、コア領域と、このコア領域を包囲するクラッド領域と、を有し、主媒質中に所定の断面積を有する複数の副媒質を含む微細構造が少なくとも前記クラッド領域に設けられ、前記各領域が軸方向に伸びる光ファイバにおいて、前記クラッド領域は、前記コア領域を包囲する第 1 クラッド領域と、前記第 1 クラッド領域を包囲する第 2 クラッド領域とを有し、前記コア領域の平均屈折率 N_{core} と、前記第 1 クラッド領域の平均屈折率 N_{clad1} と、前記第 2 クラッド領域の平均屈折率 N_{clad2} と、の間に、 $N_{core} > N_{clad1} > N_{clad2}$ なる関係が成立することを特徴とする光ファイバ。

【請求項 2】 前記微細構造を含む領域の平均屈折率は、単位断面積当たりの前記副媒質の断面積を増加又は減少させることにより決められたことを特徴とする請求項 1 記載の光ファイバ。

【請求項 3】 前記コア領域、前記第 1 クラッド領域及び前記第 2 クラッド領域の各平均屈折率は、光波長 1550 nm における実効コア断面積が $10 \mu m^2$ 以上となるように選択されたことを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 記載の光ファイバ。

*

$$\left(\frac{f_1}{n_1^2} + \frac{f_2}{n_2^2} \right)^{-1} \leq n_{eff}^2 \leq f_1 n_1^2 + f_2 n_2^2 \quad \cdots \textcircled{1}$$

ここで、 n は屈折率、 f は容積分率を表す。また、添字 1 はシリカガラス、添字 2 は空気を表す。容積分率については、 $f_1 + f_2 = 1$ が成り立つ。通常、 $n_1 > n_2$ であるから、式■の最左辺と最右辺は、 f_2 の増大に伴って小さくなる。従って、ポイド 82 を多数含むクラッド領域 84 の実効屈折率は、コア領域 83 の実効屈折率よりも小さくなり、通常の光ファイバと同様に光閉じ込めが実現される。

【0005】このような実効屈折率のモデルは、微細構造スケールに比べて光の波長が長い場合については妥当であると考えられる。しかし、光の波長が短くなっていくに伴い、屈折率の高い場所に光が局在するようになるため、実効屈折率は上昇するが、同時に、屈折率分布を持つ構造を均一な媒質で置換できるという仮定も、妥当性を失っていくと考えられる。

【0006】一方、このような光ファイバよりも大きい負分散を持つ光ファイバが、例えば、特開平 10-95628 号公報に開示されている。この光ファイバは、上記のような微細構造を有するが、クラッド領域が内部クラッド領域と外部クラッド領域とによって構成され、内部クラッド領域の実効屈折率が外部クラッド領域の実効屈折率よりも小さいという特徴を有する。

* 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光伝送路として好適な光ファイバに関する。

【0002】

【従来の技術】図 8 は、従来から知られている微細構造を含む光ファイバの断面図である。この光ファイバは、図 8 に示すように、シリカガラス 81 の材料中に多数のポイド 82（空孔）が設けられた断面構造を有する。ポイド 82 が無い断面中心部分がコア領域 83 であり、このコア領域 83 を包囲し、ポイド 82 を多数含む部分がクラッド領域 84 である。

【0003】このような微細構造を含む光ファイバの光閉じ込めの原理は、定性的には実効屈折率という概念を用いて説明される（例えば、T. A. Birks ら、Optics Letters Vol. 22 p. 961 (1997)）。微細構造を有するため、厳格に考えるとコア領域 83 及びクラッド領域 84 内で屈折率は複雑な分布を示すはずであるが、各領域を均一な媒体で置換して光導波特性を近似させることができると仮定し、この均一な媒体の屈折率を実効屈折率と呼ぶ。実効屈折率 n_{eff} は、次の不等式を満たす。

【0004】

【数 1】

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記公報に開示されている光ファイバは、図 8 に示す光ファイバのように均一なクラッド構造を有する光ファイバに比べて負分散が増大する一方、実効コア断面積の低下、曲げ損失の増大、及び実効コア断面積の構造パラメータ変動に対する感度の増大、といった問題を有する。

【0008】本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであり、均一なクラッド構造を有する光ファイバよりも実効コア断面積を大きくさせ、曲げ損失を小さくさせると共に、実効コア断面積の構造パラメータへの感度を低く抑えることができる光ファイバを提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】請求項 1 記載の光ファイバの発明は、軸方向に対して垂直な断面に、コア領域と、このコア領域を包囲するクラッド領域と、を有し、主媒質中に所定の断面積を有する複数の副媒質を含む微細構造が少なくともクラッド領域に設けられ、各領域が軸方向に伸びる光ファイバにおいて、クラッド領域は、コア領域を包囲する第 1 クラッド領域と、第 1 クラッド領域を包囲する第 2 クラッド領域と、を有し、コア領域

の平均屈折率 N_{core} と、第1クラッド領域の平均屈折率 N_{clad1} と、第2クラッド領域の平均屈折率 N_{clad2} と、の間に、 $N_{core} > N_{clad1} > N_{clad2}$ なる関係が成立する構成を採る。

【0010】この構成により、従来の光ファイバと比較して波長変化に対する実効コア断面積 A_{eff} の変化が小さくなるため、2つのボイドの中心間距離であるピッチなどの構造パラメータの変動に対する実効コア断面積 A_{eff} 特性の感度が小さくすると共に、コア領域への光閉じ込めの度合いが高くなり、曲げ損失が小さくなる。従って、従来の光ファイバと比較してより大きな実効コア断面積を確保し、曲げ損失をより小さくさせることができる。また、実効コア断面積の構造パラメータ変動に対する感度を減少させることが可能となる。

【0011】請求項2記載の発明は、請求項1記載の光ファイバにおいて、微細構造を含む領域の平均屈折率は、単位断面積当たりの副媒質の断面積を増加又は減少させることにより決められた構成を採る。

【0012】このように、単位断面積当たりの副媒質の断面積を増加又は減少させることによって、微細構造を含む領域の平均屈折率を決めることができるため、コア領域と、第1クラッド領域と、第2クラッド領域との平均屈折率の大小関係を容易に決定することができる。

【0013】請求項3記載の発明は、請求項1又は請求項2記載の光ファイバにおいて、コア領域、第1クラッド領域及び第2クラッド領域の各平均屈折率は、光波長1550nmにおける実効コア断面積が $10 \mu m^2$ 以上となるように選択された構成を採る。

【0014】この構成により、大きな実効コア断面積を有するので、非線型光学現象の発生を抑制することができ* 30

* き、伝送品質の向上を図ることができる。

【0015】

【発明の実施の形態】以下、添付図面に基づき、本発明の実施の形態について説明する。なお、各図において同一要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。また、図面の寸法比率は、説明のものと必ずしも一致していない。

【0016】図1は、本発明の一実施の形態に係る光ファイバの断面における領域区分を示す図であり、図2は、上記実施の形態に係る光ファイバの微細構造を説明する断面図である。図1に示すように、本実施の形態では、断面が、コア領域1と、コア領域1を包囲する第1クラッド領域2と、第1クラッド領域2を包囲する第2クラッド領域3とから構成される。また、これらの各領域は、図2に示すように、主媒質としてのシリカガラス4と副媒質としての多数のボイド5とから構成されている。

【0017】本実施の形態では、各領域の屈折率を区別するため、平均屈折率という概念を用いる。実効屈折率は、近似を用いて定義されるために、定義があいまいであり、構造の記述には適さないため、これを用いない。図3は、本実施の形態に係る光ファイバの平均屈折率の決め方を説明する図である。ある領域で着目した一つのボイド5について、他の全てのボイドとの間で垂直二等分線を引く。これらの垂直二等分線によって、ボイド5を含み、内部に垂直二等分線を含まない多角形を定義する。これをセル6と呼ぶ。このセル6において、平均屈折率 n_{avg} を次式によって算出する。

【0018】

【数2】

$$n_{avg} = \left[\frac{\{n^2 * (A_{cell} - A_{hole}) + A_{hole}\}}{A_{cell}} \right]^{\frac{1}{2}} \dots \textcircled{2}$$

ただし、 n はファイバ材料の屈折率、 A_{cell} はセル面積、 A_{hole} はボイドの面積を表す。ボイド5の中心Pをセル6の位置とし、原点O（ファイバ軸）からPまでの距離を r として、集合 $\{(n_{avg}, r)\}$ を散布図として表す。

【0019】本実施の形態では、上記の方法で決定された各領域の平均屈折率を、以下のような大小関係を付けて決めている。すなわち、コア領域1の平均屈折率 N_{core} と、第1クラッド領域2の平均屈折率 N_{clad1} と、第2クラッド領域3の平均屈折率 N_{clad2} との間に、

【0020】

【数3】

$$N_{core} > N_{clad1} > N_{clad2} \dots \textcircled{3}$$

という関係が付けられている。

【0021】図4は、本実施の形態における各領域の平 50

均屈折率の散布図である。図4から分かるように、数式■における平均屈折率の大小関係が付けられている。

【0022】各領域の平均屈折率は、ボイド5の大きさを調整して決定される。すなわち、単位断面積当たりのボイド5の断面積を増加又は減少することによって、主媒質であるシリカガラス4と副媒質であるボイド5との割合が増減するため、その領域の平均屈折率を決めることができる。本実施の形態では、下記の表のように各ボイドの大きさを定めている。表には、比較のために、従来の微細構造を含む光ファイバと併せて記載する。ここで、図3中、ピッチ $L = 2.8 \mu m$ 、層数 $m = 7$ 、シリカガラスの屈折率 $n = 1.444$ である。また、 d_0 はコア領域1におけるボイド5の直径であり、 d_1 は第1クラッド領域2におけるボイド5の直径であり、 d_2 は第2クラッド領域3におけるボイド5の直径である。ま

た、#1は従来の均一クラッド構造を有する光ファイバのデータを示し、#2は、本発明に係る光ファイバのデータを示し、#3は、特開平10-95628号公報に*

*開示された構造を示す。

【0023】

【表1】

構造	d_0/L	d_1/L	d_2/L	備考
#1	0	0.4	0.4	均一クラッド構造
#2	0	0.34	0.4	本発明の構造
#3	0	0.46	0.4	公報で開示された構造

表1のデータに基づいて本発明に係る光ファイバの断面構造を決定すると、図5に示すようになる。図5は、本実施の形態に係る光ファイバの断面構造を示す図である。六方格子上にボイド5が並び、コア領域1にはボイド5が無い。第1クラッド領域2には、 $d_1/L=0.34$ のボイド5aが、第2クラッド領域3には、 $d_2/L=0.4$ のボイド5bが設けられている。

【0024】このように、単位断面積当たりの副媒質の断面積を増加又は減少することによって、微細構造を含む領域の平均屈折率を決めることができるため、コア領域1と、第1クラッド領域2と、第2クラッド領域3との平均屈折率の大小関係を容易に決定することができる。

【0025】図6は、本実施の形態に係る光ファイバの実効コア断面積の計算結果を示す図である。ここでは、構造#1、構造#2、及び構造#3のすべてにおいてピッチを $1.53\mu\text{m}$ とした場合の計算結果を示している。図6において、波長 $\lambda=1550\text{nm}$ における実効コア断面積 A_{eff} に着目すると、実効コア断面積 A_{eff} は、構造#1及び構造#3よりも、構造#2が大きくなる。また、波長 $\lambda=1550\text{nm}$ における実効コア断面積の増加ペース $d(A_{\text{eff}})/d\lambda$ に着目すると、構造#1及び構造#3よりも構造#2が小さくなる。実効コア断面積の増加ペースが小さいということは、ピッチなどの構造パラメータ変動に対する実効コア断面積 A_{eff} 特性の感度が小さいと共に、コア領域への光閉じ込めが良く、曲げ損失が小さいことを意味する。また、一般に、実効コア断面積を大きくすると曲げ損失が大きくなるので、曲げ損失が小さいということは、曲げ損失を一定とした場合に実効コア断面積を大きくさせることができることを意味する。

【0026】このように、本実施の形態では、大きな実効コア断面積を有するので、非線型光学現象の発生を抑制させることができ、伝送品質の向上を図ることができる。

【0027】以上の構造を有する本実施の形態の実効コア断面積の計算結果を、図7に示す。ここでは、光波長 $\lambda=1550\text{nm}$ において、実効コア断面積 $A_{\text{eff}}=12\mu\text{m}^2$ となるようにピッチ L を定めた。図7において、 $\lambda=1550\text{nm}$ における実効コア断面積 A_{eff} の変化に着目すると、波長変化に対する実効コア断面積 A_{eff} の変化の大きさは、構造#3よりも構造#1が、構

造#1よりも構造#2が小さい。波長変化に対する実効コア断面積 A_{eff} の変化が小さいことから、ピッチなどの構造パラメータ変動に対する実効コア断面積 A_{eff} 特性の感度が小さく、コア領域1への光閉じ込めの度合いが高く、曲げ損失が小さくなる。同じ波長で同じ実効コア断面積 A_{eff} を与えるピッチの大きさは、構造#3は $1.46\mu\text{m}$ 、構造#1は $1.31\mu\text{m}$ であるが、構造#2は $1.11\mu\text{m}$ である。ピッチが波長に比べて小さくなるに従ってクラッド領域の実効屈折率が小さくなるため、コア領域1への光閉じ込めの度合いが高くなる。従って、同じ曲げ損失で比較した場合、構造#3よりも構造#1が、構造#1よりも構造#2が実効コア断面積 A_{eff} を大きくさせることができる。

【0028】このように、大きな実効コア断面積を有するので、非線型光学現象の発生を抑制することができ、伝送品質の向上を図ることができる。

【0029】以上のように、本発明の実施の形態に係る光ファイバによれば、従来の光ファイバと比較して大きな実効コア断面積を確保し、曲げ損失を小さくすることができる。また、実効コア断面積の構造パラメータに対する感度を下げることが可能となる。

【0030】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、本発明は、主媒質中に所定の断面積を有する複数の副媒質を含む微細構造が少なくともクラッド領域に設けられ、各領域が軸方向に伸びる光ファイバにおいて、クラッド領域は、コア領域を包囲する第1クラッド領域と、第1クラッド領域を包囲する第2クラッド領域と、を有し、コア領域の平均屈折率 N_{core} と、第1クラッド領域の平均屈折率 N_{clad1} と、第2クラッド領域の平均屈折率 N_{clad2} と、の間に、 $N_{\text{core}}>N_{\text{clad1}}>N_{\text{clad2}}$ なる関係が成立する構成を採るため、従来の光ファイバと比較して波長変化に対する実効コア断面積 A_{eff} の変化が小さくなる。このため、2つのボイドの中心間距離であるピッチなどの構造パラメータの変動に対する実効コア断面積 A_{eff} 特性の感度が小さくなると共に、コア領域への光閉じ込めの度合いが高くなり、曲げ損失が小さくなる。従って、従来の光ファイバと比較してより大きな実効コア断面積を確保し、曲げ損失をより小さくすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施の形態に係る光ファイバの断面

における領域区分を示す図である。

【図2】上記実施の形態に係る光ファイバの微細構造を説明する断面図である。

【図3】上記実施の形態に係る光ファイバの平均屈折率の決め方を説明する図である。

【図4】上記実施の形態に係る光ファイバの平均屈折率を示す図である。

【図5】上記実施の形態に係る光ファイバの断面構造を示す図である。

【図6】本実施の形態に係る光ファイバの実効コア断面積の計算結果を示す図である。

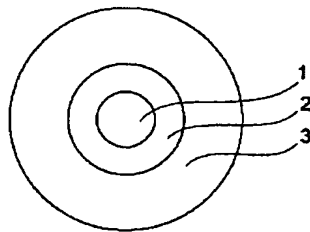
【図7】上記実施の形態に係る光ファイバの実効コア断面積の計算結果を示す図である。

【図8】従来から知られている微細構造を含む光ファイバの断面図である。

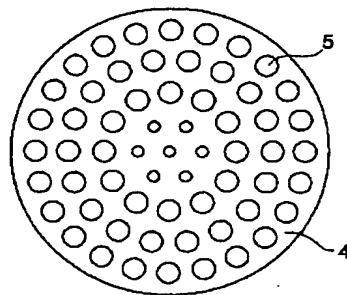
【符号の説明】

1…コア領域、2…第1クラッド領域、3…第2クラッド領域、4…シリカガラス、5…ボイド、6…セル。

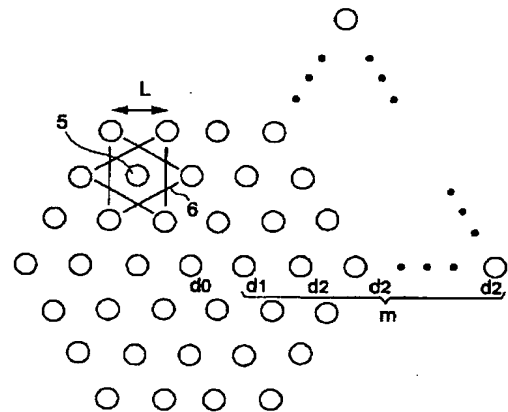
【図1】



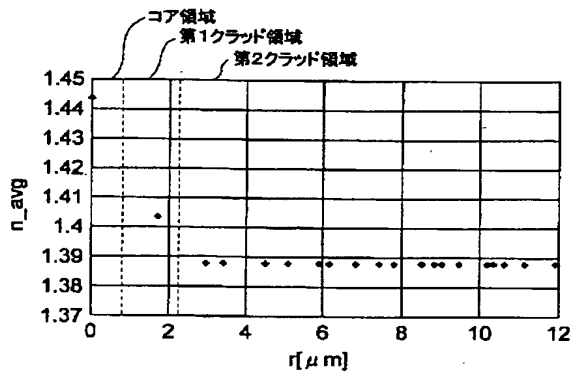
【図2】



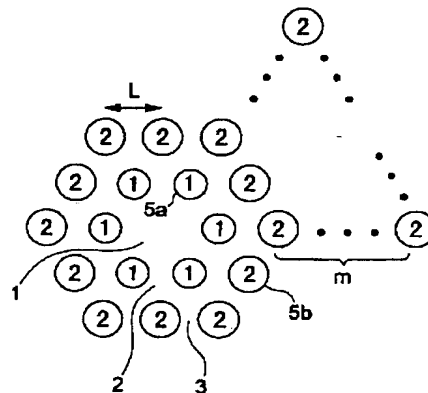
【図3】



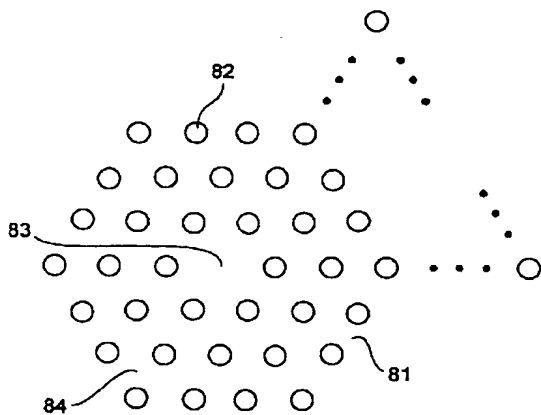
【図4】



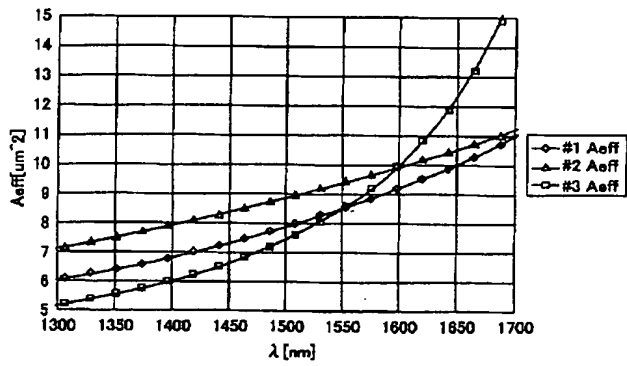
【図5】



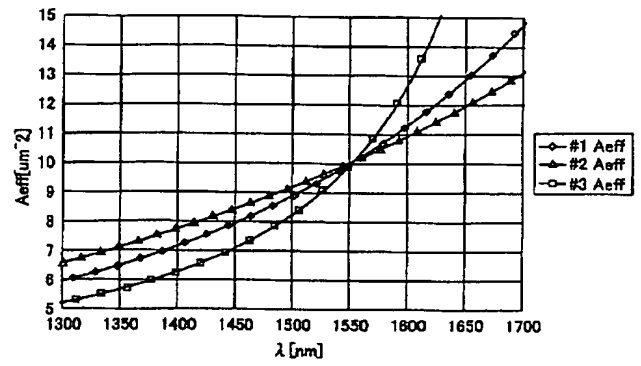
【図8】



【図 6】



【図 7】



フロントページの続き

(72)発明者 笹岡 英資
 神奈川県横浜市栄区田谷町 1 番地 住友電
 気工業株式会社横浜製作所内

Fターム(参考) 2H050 AB03Z AC36